

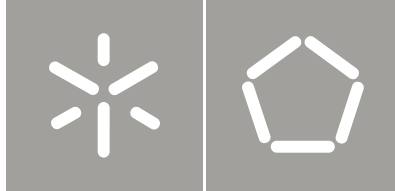


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gustavo Ariel Fidalgo Vieira
Estudo e Desenvolvimento de um Equipamento
Automatizado para Enchimento Asséptico de Creme de Pasteleiro

Gustavo Ariel Fidalgo Vieira

Estudo e Desenvolvimento de um Equipamento Automatizado para Enchimento Asséptico de Creme de Pasteleiro



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gustavo Ariel Fidalgo Vieira

**Estudo e Desenvolvimento de um
Equipamento Automatizado para
Enchimento Asséptico de Creme de
Pasteleiro**

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Luís Fernando de Sousa Ferreira da
Silva

e co-orientação do
Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais pois sem eles nada seria possível. A eles pelo apoio que me tem dado ao longo de todo este caminho.

Aos Professores Luís Ferreira da Silva e Eurico Seabra pelas suas orientações, disponibilidade, apoio, pela disponibilização de bibliografia e normas, bem como pelo interesse demonstrado durante toda a realização deste trabalho.

A toda à equipa de investigadores e docentes do Departamento de Engenharia Biológica da Universidade do Minho, integrada neste projeto, com especial enfoque, ao Professor António Vicente, por todo o apoio moral e científico concedido.

Aos Engenheiros Pedro Soares, Alfredo Tavares e António Oliveira da empresa Valinox, quero expressar os meus agradecimentos pela forma que me acolheram nas instalações da sua empresa durante o período que foi necessário para o desenvolvimento final do projeto com vista à sua produção. As orientações e ensinamentos que recolhi por parte deles relativamente aos conceitos de base para produção de bens de equipamento que foram essenciais para o desenvolvimento com sucesso do meu trabalho de dissertação.

Aos Engenheiros Vale Quaresma e Bruno Oliveira, da empresa Valinox, que trabalham no gabinete técnico no qual estive inserido na minha estadia na empresa, agradeço-lhes todo o apoio e incentivo que me prestaram.

Aos Engenheiros Francisco Miranda e António Nunes, da empresa Decorgel, por todos os contributos que deram a este trabalho e que foram muito importantes para a definição das especificações do equipamento.

Ao Engenheiro Leonel Conceição, da empresa Derovo, pela forma cordial e empenhada que sempre recebeu a equipa do Departamento de Engenharia Mecânica nas instalações da sua empresa e pela partilha constante de conhecimentos de cariz técnico/prático relativos ao funcionamento de equipamentos de enchimento asséptico, que foram decisivos para a obtenção de soluções técnicas mais optimizadas para as várias subfunções do equipamento que foi desenvolvido neste projeto.

Queria deixar também aqui, um agradecimento muito especial, ao meu amigo Investigador Pedro Araújo por toda a solidariedade, sugestões e ajudas técnicas dadas ao longo deste trabalho.

Aos Professores Hélder Puga, José Machado e Joaquim Barbosa, uma especial palavra de agradecimento por todo o tempo dispensado e incondicional.

A toda a minha família, aos meus amigos e colegas, que não vou nomear, mas dos quais me orgulho de ter sempre presentes na minha vida, pela ajuda e incentivo que sempre me deram durante a realização deste trabalho.

A todos, o meu muito OBRIGADO.

RESUMO

Esta dissertação apresenta o trabalho desenvolvido no âmbito do estudo, concepção e desenvolvimento de um equipamento asséptico para enchimento de creme de pasteleiro.

Os pontos principais abordados neste documento consistem numa pesquisa bibliográfica sobre Projecto Mecânico e também sobre os principais cuidados a ter no embalamento de produtos alimentares, em geral, e sobre creme, em particular. Além disso foi feito um estudo exaustivo sobre várias soluções possíveis sendo que a mais exequível foi desenvolvida de uma forma exaustiva e é apresentada detalhadamente ao longo deste trabalho.

A solução adoptada parece ser a mais ajustada e as suas principais características são: permitir um enchimento asséptico, permite garantir segurança, o operador não necessita de ter formação específica para trabalhar com o equipamento, é de fácil e simples manutenção, é toda automatizada e exige pouco esforço do operador. Além desta solução, outras foram estudadas e foi feita uma análise de valor para cada uma delas, prevalecendo a mais robusta para ser implementada.

O equipamento cumpre todas as especificações de segurança constantes de Directiva Máquinas. Alguns aspectos mais importantes, como a paragem de emergência também foram estudados em detalhe, fazendo com que o comando da máquina seja robusto a más utilizações por parte do operador. O facto de ter sido utilizado um formalismo robusto para a especificação do comando do equipamento (SFC da norma IEC 60848) faz com que possíveis falhas/avarias do mesmo possam ser facilmente detectadas. Também um rastreio de possíveis falhas/avarias do equipamento foi implementado no comando do sistema.

Foi apresentado também neste relatório o processo de construção do equipamento de enchimento desenvolvido, que foi realizado pela empresa Valinox – Indústrias Metalúrgicas S.A. (Arouca), como estava previsto no projeto QREN que serviu de suporte financeiro a este trabalho, tendo, a equipa do Departamento de Mecânica Engenharia (DEM) da Universidade do Minho alocada a este projeto, acompanhado de forma contínua o processo de construção.

Finalmente, algumas conclusões e propostas para trabalhos futuros são expostas na parte final desta dissertação.

ABSTRACT

This dissertation presents the work developed regarding the study, design and development of an equipment to provide an aseptic filling of pastry cream.

The main issues addressed in this document consist of a bibliographic research on Mechanical Design and on the packaging of food products, and, in particular, cream. It was also carried out an exhaustive study of several possible solutions for this purpose, and the best and most feasible solution was developed exhaustively, which it is presented in detail throughout this work.

The adopted solution seems to be the most appropriate and its main characteristics are: it ensures an aseptic filling, ensuring the safety of the operation; the operator do not need any specific training to work with the equipment, which requires an easy and simple maintenance procedure; it is entirely automated, requiring just a little effort from the operator. Besides this solution, others were also studied and a deepen analysis for each of the solutions determined were carried out, being implemented the most robust solution.

The equipment meets all safety specifications contained in the Machinery Directive requirements and standards. Some of the most important aspects, such as the emergency stop were also studied in detail, making the machine control robust to avoid the operator's misuse. Due to the fact that it was used a robust formalism for the specification of the control of the equipment (IEC 60848 SFC), possible failures or malfunctions that can be easily detected. On the other hand, the monitoring of possible failures/malfunctions of the equipment has also been implemented in the system command.

It is also presented the different construction stages of the developed aseptic filling equipment, which was carried out by the company Valinox – Indústrias Metalúrgicas S.A. (Arouca), according to what was defined in the QREN project. The research team of the Department of Mechanical Engineering (DEM) of the University of Minho, allocated to this project, accompanied the construction stage.

Finally, some conclusions and future work are presented in the final part of this thesis.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Apresentação das parcerias envolvidas no projeto.....	1
1.1.1. Decorgel - Produtos Alimentares, S.A.	1
1.1.2. Valinox - Indústrias Metalúrgicas, S.A.	2
1.1.3. Universidade do Minho	2
1.2. Justificação e motivação do tema [adaptado de (Vicente, et al., 2008)].....	2
1.3. Objectivos	5
1.4. Estrutura da tese.....	6
2. Revisão de literatura.....	7
2.1. Metodologias de projeto mecânico e algumas preocupações.....	7
2.1.1. Definição do problema	7
2.1.2. Brainstorming.....	8
2.1.3. Árvore de objectivos	8
2.1.4. Estabelecimento de funções e subfunções	9
2.1.5. Análise morfológica.....	10
2.2. Asséptico e higiénico	11
2.3. Principais equipamentos de enchimento asséptico existentes no mercado.....	12
2.3.1. Máquina de enchimento asséptica da FranRica® – Modelo ABF-1200.....	12
2.3.2. Máquina de enchimento para embalar vinho sob pressão - MEP Counter	13
2.3.3. Máquina de enchimento semi-automática com sistema telescópico de enchimento.....	14
2.3.4. Máquina de enchimento e selagem para sacos plásticos com bico – MR1-400	15
2.3.5. Conclusões da pesquisa de mercado de equipamentos assépticos	16
3. Soluções concetuais	17
3.1. Requisitos e especificações.....	17
3.1.1. Funções e subfunções do equipamento	17
3.2. Primeiros conceitos	19

3.2.1.	<i>Primeiros estudos e esboços concetuais.....</i>	<i>19</i>
3.3.	<i>Análise das soluções alternativas.....</i>	<i>24</i>
4.	Desenvolvimento da solução final.....	25
4.1.	<i>Projeto de detalhe e refinamento das soluções</i>	<i>25</i>
4.1.1.	<i>Princípio básico de funcionamento do equipamento</i>	<i>33</i>
4.2.	<i>Automação.....</i>	<i>34</i>
4.2.1.	<i>Projeto do sistema principal de atuação pneumática do equipamento</i>	<i>34</i>
4.2.2.	<i>Projeto das funções auxiliares do equipamento.....</i>	<i>37</i>
5.	Processo de construção do equipamento	50
5.1.	<i>Equipamento final obtido</i>	<i>53</i>
6.	Conclusões e trabalhos futuros.....	55
6.1	<i>Conclusões.....</i>	<i>55</i>
6.2	<i>Trabalhos futuros</i>	<i>56</i>
7	Referências.....	57
7.1	<i>Bibliografia.....</i>	<i>57</i>
7.2	<i>Webgrafia</i>	<i>58</i>
ANEXO I –	Desenhos técnicos do equipamento construído.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo para a construção de uma árvore de objectivos [adaptado de (Comissão Europeia, 2005)]	9
Figura 2 – A caixa negra do sistema do modelo [adaptado de (Cross, N., 2005)]	9
Figura 3 – Modelo de uma caixa transparente [adaptado de (Cross, N., 2005)]	10
Figura 4 - Máquina de enchimento asséptica – Modelo ABF-1200 FranRica® (JBTfoodtech, 2011).....	12
Figura 5 - Desenhos do equipamento de enchimento asséptica – Modelo ABF-1200 (JBTfoodtech, 2011).....	13
Figura 6 – Máquina de enchimento sob pressão para enchimento de vinho – MEP Counter (St.Patrick’s of Texas, 2011)	14
Figura 7 - Máquina de enchimento semi-automática com sistema telescópico de enchimento.....	14
Figura 8 - Máquina de enchimento para sacos com bico	15
Figura 9 - Diferentes tipos de sacos plásticos.....	15
Figura 10 - Estrutura da árvore de objetivos para o projeto	18
Figura 11 - Estrutura de funções e subfunções do equipamento	19
Figura 12 - Primeiros esboços concetuais: a) Pinças de fixação do saco; b) Pinças de fixação do saco dentro do sistema de higienização; c) Sistema de enchimento; d) Caixa de protecção do sistema de enchimento (útil para o isolamento do conjunto com o exterior, permitindo o escoamento de condensados e a entrada da embalagem)	19
Figura 13 - Esboço inicial do conjunto do equipamento entretanto concebido.....	20
Figura 14 - Esboços iniciais do conjunto do equipamento entretanto concebido.	21
Figura 15 - Desenho da solução A (diâmetro de tubo de 50 mm).....	21
Figura 16 - Desenho da solução B (diâmetro de tubo de 63 mm).....	21
Figura 17 - Solução A: Simulação do escoamento do produto no interior da cabeça de enchimento	22
Figura 18 - Solução B: Estudo do escoamento do produto no interior da cabeça de enchimento	22
Figura 19 - Introdução de um cone no lado oposto ao cone do obturador	23
Figura 20 - Versão optimizada da cabeça de enchimento com alterações significativas ao nível do sistema de limpeza da haste e do obturador	23
Figura 21 - Vista de frente, da direita e de baixo do equipamento final desenvolvido	25
Figura 22 - Vista de frente do equipamento concebido com indicação dos principais atuadores	26
Figura 23 - Vista de baixo do equipamento concebido com indicação das várias pinças fixas e móveis para fixação e movimentação da tampa e do gargalo, e para obturação e limpeza da cabeça de enchimento.....	26

Figura 24 - Pormenores da amarração e da colocação dos cilindros pneumáticos para a função de fixação das embalagens	27
Figura 25 - Vista geral do equipamento concebido	27
Figura 26 - Localização do sistema de remoção e colocação da tampa, com o pormenor de alinhamento da cabeça de enchimento (equipamento na sua versão final)	28
Figura 27 – a) Vista de baixo do conjunto das pinças com o gargalo do saco e a tampa fixas e b) Pormenor da fixação do gargalo do saco prévia ao aperto da tampa numa simulação efectuada com um modelo virtual 3D para verificação de pormenores de atravancamento e de interferência mecânica	28
Figura 28 – a) Sistema completo de aperto e colocação da tampa, b) e c) Pormenores do sistema, onde se identifica as pinças, os veios e o atuador pneumático HGW (Festo, 2011) ligado a um sistema articulado	29
Figura 29 - Pormenor construtivo da cabeça de enchimento, com as duas câmaras (superiores) para a limpeza e esterilização da haste	30
Figura 30 - Alguns pormenores da cabeça de enchimento final concebida para o equipamento de enchimento automático de creme de pasteleiro	30
Figura 31 - Pormenor da guia em estrela, da haste e das câmaras e respectivas vedações (à esquerda), e do sistema derivador de três vias (à direita)	31
Figura 32 – Desenho e corte em 3D adotados para a guia em estrela e para o obturador; vários pormenores das suas fixações estão assinalados	31
Figura 33 - Simulação do escoamento do produto no interior da cabeça de enchimento	32
Figura 34 - Pormenor do sistema de actuação para o fecho do obturador e para a eliminação da “gota”	32
Figura 35 - Pormenor de movimentação do sistema para fecho da extremidade inferior da cabeça de enchimento e para a eliminação da “gota”	33
Figura 36 – Correspondência da nomenclatura dos atuadores pneumáticos e eletroválvulas do equipamento (DEM e Valinox)	34
Figura 37 – Nomenclatura utilizada nos fins de curso dos atuadores pneumáticos	36
Figura 38 – Circuitos pneumáticos de potência com electroválvulas: (a) normalmente aberta e (b) normalmente fechada	36
Figura 39 – Desenho esquemático ilustrativo do funcionamento do sistema geral de enchimento	39
Figura 40 – Planta física do equipamento de enchimento	40
Figura 41 - Especificação SFC do controlador para o modo de enchimento do equipamento	41
Figura 42 - Imagem inserida na consola tátil monocromática do equipamento	44
Figura 43 – Conjunto de suporte para a cabeça de enchimento	50
Figura 44 – Componentes principais da cabeça de enchimento	50
Figura 45 - Caixa de higienização	50
Figura 46 - Conjunto de pinças no interior da caixa de higienização	51
Figura 47 – Estrutura com o pormenor das flanges utilizadas na ligação aparafusada	51

Figura 48 – Estrutura com a montagem da cabeça de enchimento	51
Figura 49 - Sistema de vácuo do equipamento de enchimento	52
Figura 50 – Caudalímetro volúmico MAG 1100 F (Siemens, 2010).	52
Figura 51 – Sistema de movimentação das pinças e com ligações pneumáticas e elétricas	52
Figura 52 – Cabeça de enchimento do equipamento com ligações pneumáticas e elétricas....	52
Figura 53 – Quadro elétrico do equipamento com a consola tátil monocromática	53
Figura 54 – Interior do quadro elétrico do equipamento	53
Figura 55 - Vista frontal geral do equipamento de enchimento	54
Figura 56 – Vista lateral geral do equipamento de enchimento	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma do projeto QREN – <i>HealthyCream</i> (Vicente, et al., 2008).....	5
Tabela 2 – Cronograma tipo de um projeto	8
Tabela 3 - Exemplo de uma análise morfológica de um equipamento (Cross, N., 2005)	11
Tabela 4 – Avaliação e selecção de alternativas [adaptado de (ja&design, 2011)].....	11
Tabela 5 - Características e benefícios do equipamento de enchimento asséptico – Modelo ABF-1200 (JBTfoodtech, 2011)	13
Tabela 6 – Especificação técnica (Khodiyar Industries, 2011)	15
Tabela 7 - Especificações do equipamento de enchimento de sacos com bico (Echo Inc., 2011).....	15
Tabela 8 – Soluções alternativas	24
Tabela 9 – Nomenclatura, localização e função dos atuadores pneumáticos e respectivas electroválvulas	35
Tabela 10 – Listagem dos sensores dos atuadores pneumáticos	37
Tabela 11 – Nomenclatura, localização e função dos atuadores pneumáticos e respectivas electroválvulas	37
Tabela 12 – Erros admissíveis por defeito do peso das embalagens (INCM, 1991).....	39
Tabela 13 – Especificação SFC do controlador e sua correspondência na planta do equipamento para o modo de enchimento	45

1. Introdução

O tema de dissertação a que este relatório se refere engloba-se num projeto QREN nº5345 financiado pela Agência de Inovação no valor de 366.145,52 €, que tem como título *HealthyCream* - Desenvolvimento de soluções dietéticas inovadoras para a indústria de pastelaria. Os projetos QREN (INFERÊNCIA, 2011) são dirigidos a empresas que procuram melhorar a qualidade dos seus serviços e produtos, que pretendem fazer um esforço de internacionalização da sua operação, pretendem melhorar a sua competitividade, expandir a actividade, inovar e melhorar os processos produtivos e para empresas que pretendam investir em actividades de investigação ou desenvolvimento tecnológico que conduzam à criação ou melhoria significativa de produtos.

1.1. Apresentação das parcerias envolvidas no projeto

No âmbito do referido projeto QREN nº5345, e no sentido de ser possível realizar com sucesso todas as tarefas previstas, que de uma forma genérica, se prendem com actividades de investigação industrial, desenvolvimento experimental e de construção de equipamentos industriais, foram estabelecidas parcerias entre a Universidade do Minho e duas empresas industriais. No sentido de contextualizar e justificar o campo de intervenção de cada um dos três parceiros neste projeto, serão apresentadas de forma sucinta, as empresas Decorgel - Produtos Alimentares, S.A. e Valinox e a Universidade do Minho.

1.1.1. Decorgel - Produtos Alimentares, S.A.

É uma empresa situada na zona industrial da Trofa, Portugal, que trabalha com produtos naturais e que se sustenta no bom relacionamento com a agricultura e no respeito pelo meio ambiente, sempre no enquadramento onde a qualidade é muito mais do que uma política, sendo a sua forma de trabalhar. Tendo o intuito de oferecer valor ao cliente numa lógica de parceria e transparência, contando com uma organização flexível e dinâmica, responsável pela procura das novas soluções para os novos desafios do mercado. O passado deu a experiência e ao longo de todos estes anos decorridos, o conhecimento aprofundado, que os torna no presente especialistas na industrialização dos frutos, e que são fonte de inspiração para o futuro. Detêm o espírito de investigar e desenvolver os seus produtos contando com a criatividade e inovação da sua equipa, fazendo por si só, aquilo que são e define o que mais os orgulha: a capacidade de se superarem a eles próprios. Uma empresa que dá prioridade aos meios que servem a produção, contando com instalações modernas e equipadas com a mais recente tecnologia num ambiente de trabalho pensado para potenciar os índices de motivação e realização pessoal dos colaboradores (DECORGEL, 2011).

O impacto do Projeto na Decorgel

O projeto *HealthyCream* tem sido considerado um projeto prioritário para a Decorgel. Este projeto visa abordar a crescente preocupação de produtos alimentares benéficos para a saúde humana sem no entanto prescindir da qualidade (perfil organoléptico) do produto tradicional. Neste sentido, este ambicioso projeto é uma mais-valia para a empresa Decorgel, uma vez que constitui um desafio a nível de inovação que permitirá atingir patamares de competitividade mais elevados no mercado. Este projeto é o início do desenvolvimento de uma linha de outros novos produtos, e o seu sucesso é crucial, para que permita validar a continuação na aposta de recursos humanos, equipamentos e materiais necessários. É ainda de realçar que o sistema de enchimento que se está a desenvolver neste projeto, além de ser inovador no mercado permitirá assegurar as condições de segurança deste produto.

1.1.2. Valinox - Indústrias Metalúrgicas, S.A.

A Valinox - Indústrias Metalúrgicas, S.A. é uma empresa muito bem conceituada no mercado nacional e internacional, situada no lugar da Farrapa, Vale de Cambra, Portugal. Tem duas grandes divisões a Valinox e a Valclimat. A Valinox é a sua divisão metalomecânica que desenvolve, desde 1981, a sua actividade de projeto de fabrico e montagem de equipamentos e instalações destinadas à armazenagem de diversos produtos. A Valclimat é uma divisão de climatização que desenvolve, desde 1986, a sua actividade no projeto, construção e instalação de sistemas de ar condicionado e aquecimento. Com uma nova visão de se inserir no mercado de construção de bens e equipamentos no ramo alimentar para servir a vasta comercialização desse mercado (VALINOX, 2011).

O impacto do projeto na Valinox

O projecto *HealthyCream* é encarado como de importância estratégica para a Valinox. É objectivo da empresa evoluir para mercados de maior valor acrescentado e com exigência de altos níveis de qualidade e de *know how* técnico. Este será o primeiro equipamento de uma nova gama de serviços/produtos da Valinox que procurará penetrar novos mercados, nomeadamente o dos equipamentos para a indústria alimentar, conhecidos pelo seu nível de exigência no que toca à segurança e à higienização.

1.1.3. Universidade do Minho

A Universidade do Minho, divide-se em dois grandes pólos, o pólo de Gualtar em Braga e o pólo de Azurém em Guimarães. Está envolvida no desenvolvimento não só de todo o equipamento bem como de novos produtos a serem utilizados no equipamento, contando assim com a participação de dois departamentos fundamentais para a sua concretização. Os Departamentos envolvidos são: o de Engenharia Biológica (pólo de Gualtar), cuja a equipa realiza o estudo de novos produtos bem como a parte referente à higienização do equipamento inovador a desenvolver, para sejam minimizados o mais possível a contaminação do produto a embalar e o Departamento de Engenharia Mecânica cuja a equipa tem como missão o desenvolvimento de um protótipo do equipamento industrial do projeto que conta com a ajuda de todos os parceiros envolvidos no projeto, nomeadamente a empresa Valinox e o Departamento de Engenharia Biológica, sendo um projeto inovador para todas as entidades envolvidas e sendo importante para adquirir novos conhecimentos e de real satisfação para todos.

O impacto do projeto na Universidade do Minho

Para a Universidade do Minho é importante o contacto com as empresas para criar confiança no mercado e adquirir novos conhecimentos e reconhecimento a nível global e poder lançar novos “licenciados” com aceitação no mercado de trabalho e com bastantes conhecimentos a nível prático no mundo do trabalho.

1.2. Justificação e motivação do tema [adaptado de (Vicente, et al., 2008)]

O crescente aumento de preocupação com a conservação aliada à segurança alimentar induz uma forte motivação de inovação, nomeadamente, procurar e desenvolver novas soluções que aumentem a durabilidade dos bens alimentares, quer antes quer depois de processados, sem implicar perda das suas propriedades organolépticas e incrementando as suas propriedades funcionais e nutricionais. Esta preocupação está bem presente nas frequentes chamadas para projectos da União Europeia no âmbito do Tema 2 (Alimentação, Agricultura e Pescas, e Biotecnologia) do 7º Programa-Quadro.

No mercado nacional, estima-se que o consumo de creme de pasteleiro seja superior a 50000 toneladas/ano. Este tipo de produto, com pequenas modificações/alterações de sabor e cor, é

consumido de forma global (destacando-se os países da Europa e da América do Norte), o que representa uma margem de crescimento enorme.

Até ao presente momento, o mercado mundial tem sido dominado por multinacionais de grande dimensão à escala global, como a Puratos, Credin, Unifine e a Prodite, que também estão presentes no mercado nacional. O produto que fabricam e vendem é na sua essência uma combinação de ingredientes em pó que, para poder ser utilizado com sucesso, tem que ser recomposto com água e açúcar (sacarose). Este produto é bastante estável quando está seco, mas após a adição de água e açúcar torna-se muito perecível quer antes quer depois da sua aplicação em produtos de pastelaria (tendo em média um tempo de prateleira de um dia, com refrigeração), o que implica a necessidade de ser preparado diariamente. Para além dos riscos relacionados com crescimento de microrganismos, existe um risco real de desperdício de produto por falta de utilização diária, levando muitas vezes à sua eliminação. Outro problema, é devido ao fato de implicar uma mistura de ingredientes no local da utilização, que por vezes não é realizada nas melhores condições, o que leva à existência de grande disparidade nas propriedades finais do produto.

A utilização deste tipo de cremes em países com climas tropicais (nomeadamente na América do Sul, Ásia e África – com destaque para os PALOP- Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa) está muito limitada devido à baixa capacidade de conservação fora de cadeias de frio e consequente elevado risco de intoxicações alimentares. Também, é de realçar, que nos mercados dos países mais desenvolvidos e ricos, o ingestão de produtos com adição de creme de pasteleiro (bolos e pastéis) é frequentemente apontado como uma das causas dos problemas de obesidade, diabetes e hipertensão crescentes, e que estão associados às dietas com consumo elevado de açúcares e gorduras. Muito importante, ainda, há que ter em atenção as tendências actuais na área de panificação e pastelaria, tais como (Vicente, et al., 2008):

- Crescente falta de mão-de-obra especializada;
- Enorme crescimento de estabelecimentos com forno de cozedura mas sem área de preparação/produção;
- Procura crescente, por parte dos industriais de panificação/pastelaria, de produtos práticos e de fácil manuseamento/utilização;
- Procura crescente, por parte dos consumidores, de produtos dietéticos/com reduzido teor em calorias.

Resulta deste quadro uma oportunidade para o desenvolvimento e posterior introdução no mercado nacional e internacional do produto que, com este projecto QREN, se pretende obter: um creme de pasteleiro, pronto a utilizar, pobre em calorias, sem adição de açúcar, com um perfil organoléptico e funcional idêntico ao creme de pasteleiro tradicional, mas com um aumento significativo do seu período de conservação à saída da fábrica (pelo menos 12 meses) e pós-aplicação em pastelaria diversa (7 dias) sem recurso a conservação em frio. Isto significa que, para além das vantagens já enumeradas, o produto que se pretende desenvolver tem uma validade à saída da fábrica equivalente à dos produtos em pó, ao que se acrescenta a significativa vantagem de ter uma validade cerca de 7 vezes superior após aplicação nos produtos finais quando comparado com o produto tradicional já hidratado. Sabe-se que, nos produtos de pastelaria, o creme de pasteleiro é um dos ingredientes que mais condicionam o seu tempo de prateleira. Assim sendo, resulta claro o interesse de desenvolver um produto com as características que definimos como objectivo.

Este produto terá de apresentar as seguintes características inovadoras quantificáveis (Vicente, et al., 2008):

- Produto substancialmente mais pobre em calorias (redução de 50 % face aos existentes no mercado); esta redução da quantidade de calorias por unidade de massa do produto será conseguida, essencialmente, pela substituição do açúcar por edulcorantes e hidrocolóides,

estes últimos em pequenas quantidades que permitam apenas obter características reológicas semelhantes aos produtos que pretendem substituir;

- Produto com um aumento significativo do seu período de conservação à saída da fábrica (pelo menos 12 meses) e pós-aplicação em pastelaria diversa (7 dias) sem recurso a conservação em frio; o aumento do tempo de prateleira será essencialmente conseguido por duas vias: a) a aplicação criteriosa da ‘tecnologia de barreiras’ (*‘hurdle concept’*), reduzindo a actividade de água e o pH, e b) um embalamento em ambiente controlado. Salienta-se que a combinação daquelas duas características inovadoras torna este produto único: não existe no mercado um produto deste tipo com baixas calorias e tão longo tempo de conservação.

- Desenvolvimento de uma máquina embaladora com cabeça de enchimento sob ambiente controlado; esta solução permitirá alavancar os resultados de conservação do produto obtidos pela sua formulação com base na ‘tecnologia de barreiras’ ao diminuir de forma evidente a probabilidade de ocorrência de uma contaminação no momento do embalamento. Existem no mercado embaladoras assépticas mas o seu custo é extremamente elevado, o que possibilita a sua aquisição apenas quando é possível operar a uma escala que não é compatível com pequenas e médias empresas. O desenvolvimento de uma alternativa mais barata e igualmente eficaz para o caso concreto (e outros a que certamente será igualmente aplicável), constitui por isso uma inovação assinalável.

Para a concretização de todos os objetivos do projeto, este foi subdividido em dez tarefas, cujos temas estão listados a seguir (Vicente, et al., 2008):

- Tarefa 1 (T1) - Identificação e caracterização reológica de novas combinações de hidrocolóides (com o estudo de eventuais efeitos sinérgicos);
- Tarefa 2 (T2) - Identificação e caracterização sensorial (com recurso a painel de provadores) das misturas de edulcorantes a utilizar;
- Tarefa 3 (T3) - Estabelecimento da sequência de mistura caracterização de ingredientes;
- Tarefa 4 (T4) - Estabelecimento do perfil de temperaturas a utilizar durante o processamento;
- Tarefa 5 (T5) - Projeto da cabeça da embaladora em ambiente controlado;
- Tarefa 6 (T6) - Determinação das condições de conservação do produto (e.g. temperatura e condições de embalamento) para obter o tempo de prateleira desejado;
- Tarefa 7 (T7) - Construção de um protótipo de uma embaladora em ambiente controlado, de baixo custo;
- Tarefa 8 (T8) - Testes de produção do produto e respetivo embalamento pelo protótipo desenvolvido à escala piloto;
- Tarefa 9 (T9) - Caracterização do produto;
- Tarefa 10 (T10) - Divulgação dos resultados do projeto.

Na Tabela 1 é apresentado o cronograma (diagrama de Gantt) do projecto, que tem uma duração total de 36 meses.

Tabela 1 – Cronograma do projeto QREN – *HealthyCream* (Vicente, et al., 2008)

Tarefa	Tempo (meses)	1ºAno										2ºAno										3ºAno									
		JAN-JUN					JUL-DEZ					JAN-JUN					JUL-DEZ					JAN-JUN					JUL-DEZ				
T1	12																														
T2	8																														
T3	6																														
T4	6																														
T5	6																														
T6	8																														
T7	8																														
T8	6																														
T9	7																														
T10	6																														

Este projeto QREN surgiu na vontade da empresa promotora, Decorgel, em desenvolver uma nova linha de produtos de que o produto objecto de projeto será o protótipo de um novo equipamento destinado a aumentar a segurança alimentar do projeto. Esta linha de produtos será fundamental para a estratégia de expansão da empresa promotora para novos mercados, tanto em Portugal como além-fronteiras, onde aliás a empresa já opera com um sucesso assinalável. Para atingir este objectivo, terão que se desenvolver actividades de investigação industrial e de desenvolvimento experimental, realizadas em estreita articulação entre as empresas participantes e a Universidade do Minho envolvida, com a qual já existem laços de cooperação desde a fundação da empresa.

O desenvolvimento deste protótipo inovador alternativo às embaladoras assépticas existentes é o tema principal da dissertação de Mestrado que este relatório reporta, correspondendo à execução das Tarefas 5 e 7 do projeto QREN – *HealthyCream* (Tabela 1), cuja coordenação foi atribuída ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. Estas tarefas de uma forma sumária, podem-se descrever como a parte do projeto *HealthyCream* referente ao projeto, desenvolvimento e construção de um protótipo de uma cabeça/equipamento de enchimento ou embalador de creme pasteleiro de forma automatizada.

1.3. Objectivos

O objectivo primário desta tese de dissertação prende-se com o estudo e desenvolvimento de um equipamento automatizado para enchimento asséptico de creme de pasteleiro. O protótipo a desenvolver terá de apresentar um custo muito inferior aos existentes no mercado, mas que não comprometa a sua funcionalidade. Para tal terá que ser garantido que o enchimento seja:

1. Seguro
 - Livre de erros humanos;
 - Segurança operativa do equipamento (EN 418, 1992; EN 60204-1, 1997);
 - Fácil manuseamento, simples operação;
 - Segurança no enchimento (EN 418, 1992; EN 60204-1, 1997), e
 - Solução higiénica (Forni, 2007; EHEDG, 2002, 2011a).
2. Rápido
 - Satisfazer cadência de produção (accionamento manual/automático);
 - Sistema flexível e modular (facilmente reconfiguráveis), e
 - Fácil limpeza (higienização /remoção de condensados e impurezas /limpeza da cabeça de enchimento) (Forni, 2007; EHEDG, 2002, 2011a; Koch, 2009).
3. Sistema asséptico (Forni, 2007; EHEDG, 2002, 2011a, Koch, 2009)
 - Protecção do meio de enchimento (em câmara fechada/vapor de água/gás inerte);
 - Garantia de não contaminação por microrganismos indesejáveis (solução higiénica), e
 - Garantia de parâmetros funcionais (temperaturas/tempos de operação).

1.4. Estrutura da tese

Atendendo ao objectivo proposto para este projecto, bem como aos referidos requisitos considerados necessários para o desenvolvimento de máquinas de enchimento assépticas, esquematizou-se o trabalho que se apresenta, cujo **objectivo principal** foi o “**Estudo e desenvolvimento de um equipamento automatizado para enchimento asséptico de creme de pasteleiro**”. Neste contexto, no **Capítulo 1** são apresentadas, as **parcerias** envolvidas no projeto, bem como, a **justificação, motivação e principais objetivos** do tema de trabalho.

Seguidamente, no **Capítulo 2** desta tese faz-se uma abordagem sobre **a revisão de literatura**, apresentando-se algumas técnicas utilizadas no projeto mecânico, análise das principais funções do equipamento a projetar, um *brainstorming*, a construção de uma árvore de objetivos e uma análise morfológica das soluções encontradas para cada função. Faz-se ainda uma breve introdução sobre assépticidade e higienização, tendo em conta toda a importância destes no bom planeamento de um projeto, e na parte final deste capítulo, foram apresentadas as principais especificações e tecidas algumas considerações sobre equipamentos típicos e representativos de enchimento asséptico existente no mercado.

No **Capítulo 3** caracteriza-se o **estado das soluções conceptuais**, o estabelecimento das especificações desejadas para todo o equipamento, com particular incidência nas funções e subfunções, apresentando-se o resultado dos primeiros esboços e seus estudos. Faz-se ainda uma análise das soluções alternativas de alguns componentes a utilizar.

No **Capítulo 4**, apresenta-se o **desenvolvimento da solução final**, utilizando o projeto de detalhe e o refinamento das soluções. É feita uma explicação do funcionamento do equipamento, bem como o estudo e desenvolvimento de um sistema automatizado para controlo do mesmo.

No **Capítulo 5**, apresenta-se o **processo de construção do equipamento**, com a apresentação de fases de evolução da construção, nomeadamente, relacionadas com: a cabeça de enchimento, a caixa de higienização, a estrutura, o sistema de vácuo, o sistema de medição com caudalímetro, a cablagem elétrica, a tubagem pneumática e o quadro elétrico do equipamento. No final, apresenta-se o equipamento final obtido e são tecidas considerações sobre as tarefas que ainda faltam executar.

No **Capítulo 6**, são relatadas as principais **conclusões do trabalho** e apresentação de **sugestões** para futuros desenvolvimentos.

No **Capítulo 7** são apresentadas as referências, divididas pelas fontes bibliográficas e disponíveis na internet.

Finalmente, no **ANEXO I** são apresentados os desenhos técnicos que serviram de base à construção do equipamento na empresa Valinox.

2. Revisão de literatura

Este projeto consiste no desenvolvimento de um equipamento para o enchimento asséptico de creme de pasteleiro, em embalagens de 5 a 200 kgf. Para permitir um melhor estudo, concepção, projecto e desenvolvimento de todo o equipamento foi realizada à partida uma revisão da literatura, em termos das metodologias do projeto mecânico, da definição de sistema asséptico e higiénico, muito importante no projeto de equipamentos para a indústria alimentar, como é o caso, e finalmente, referente ao estudo de mercado de equipamentos representativos de enchimento asséptico existentes.

2.1. Metodologias de projeto mecânico e algumas preocupações

A condição básica para o desenvolvimento de projetos é a criatividade. É preciso ter em atenção algumas metodologias de projeto, as quais são importantes para o desenvolvimento e para o sucesso do resultado final a obter. Nestas metodologias não se recomenda que as suas etapas e fases sejam seguidas sempre do mesmo modo, mas que sejam utilizadas como uma bússola, orientando-nos sempre para o ‘norte’ e para o sucesso na realização do trabalho de projeto.

Para se evitarem desperdícios de tempo, de recursos humanos e de materiais, o projeto utiliza processos de acção que reúne *a criatividade ao trabalho interdisciplinar* (Bomfim, 1994) .

A arte do projeto consiste em controlar os vários parâmetros em conjunto, avançando paralelamente, como um jogador de xadrez que antecipa as consequências possíveis para cada movimento de uma peça (Bonspire, 1978).

No desenvolvimento de um projeto, os problemas encontrados tornam-se cada vez mais complexos, de modo que é impossível resolvê-los a todos de uma forma intuitiva. O projeto é confrontado com as necessidades dos utilizadores, desde o estabelecimento de limites, até ao desenvolvimento e controlo dos processos operacionais para o alcance das metas, passando pelas fases de análise, criação e seleção de opções, testes e especificações de detalhe.

2.1.1. Definição do problema

A recolha de dados iniciais para um projeto é essencial, de forma saber quais os pré-requisitos do produto a conceber e as necessidades a cumprir. Para tal torna-se necessário o desenvolvimento de um conjunto de reuniões iniciais de forma a se determinar e acordar as especificações do produto a desenvolver.

A técnica de *brainstorming* (Osborn, 1957) é importante nesta fase, na tentativa de se recolherem as sugestões de todos os intervenientes no desenvolvimento (a qual não deverá incluir qualquer tipo de ridicularização para que nenhuma ideia seja excluída para análise futura). Uma ideia erradamente excluída poderá colocar em causa todo o projeto. Fazer também um levantamento de tarefas a serem realizadas, e estabelecer o período de execução das mesmas, é um procedimento obrigatório para que se consigam organizar melhor as equipas de trabalho e para se evitarem atrasos durante a realização do projeto.

Cada tarefa diz respeito ao que se irá ser efectuado no período de tempo estabelecido, podendo haver, todavia, ajustes e reajustes à calendarização de acordo como o decorrer de cada uma das tarefas e os resultados obtidos em cada etapa do trabalho. Para o caso apresentado na Tabela 2, temos, como exemplo:

- Tarefa 1 - Reuniões preparatórias;

- Tarefa 2 – Levantamentos das funções;
- Tarefa 3 – Desenvolvimento das funções e subfunções;
- Tarefa 4 – Validação dos sistemas desenvolvidos;
- Tarefa 5 – Reajuste das funções e subfunções de todo o equipamento;
- Tarefa 6, 7 e 8 – Soluções concetuais finais do equipamento e suas execuções;
- Tarefa 9 – Montagem e afinações do equipamento;
- Tarefa 10 – Testes finais e montagem do equipamento nas instalações do cliente;
- Tarefa 11 – Elaboração do relatório de actividades e do relatório final ao longo de todo o projeto.

Tabela 2 – Cronograma tipo de um projeto

Cronograma - Tipo de um projeto.												
Duração da tarefa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarefa 1												
Tarefa 2												
Tarefa 3												
Tarefa 4												
Tarefa 5												
Tarefa 6												
Tarefa 7												
Tarefa 8												
Tarefa 9												
Tarefa 10												
Tarefa 11												

2.1.2. *Brainstorming*

O *brainstorming*, ou tempestade cerebral, consiste em reunir a equipa de projeto, a fim de estimular, no seio do grupo de trabalho, a produção de ideias de uma forma simples, rápida e directa.

O tema é estabelecido pelo representante do grupo de trabalho e cada pessoa aponta todas as reflexões e propostas num papel, durante um determinado tempo. Decorrido esse tempo, cada indivíduo, de um modo verbal, e de forma ordenada, relata as soluções que encontrou. A duração total não deve exceder os 30 minutos. É de salientar que não pode haver qualquer tipo de crítica ou censura por parte do grupo, para que não haja a perda de possíveis soluções, promovendo-se assim a criatividade geral no âmbito do grupo de projeto (Baxter, 1998).

A prática de criatividade é muito importante em todas as fases de desenvolvimento de produto. A utilização de técnicas de criatividade, como o *brainstorming*, desenvolvido por Osborn (em 1957), encontrou aplicação na publicidade e na inovação tecnológica, entre outras áreas (Osborn, 1963).

2.1.3. *Árvore de objectivos*

A árvore de objectivos é uma importante ferramenta que permite, desde logo, controlar e administrar o processo conceptual, no qual é importante uma lista com a exposição/clarificação dos objectivos a atingir. O método da árvore de objectivos fornece um formato útil e claro para a exposição dos objectivos, realçando os meios para os atingir e mostrando, de forma clara, numa representação esquemática em forma de diagrama, o modo

como os diferentes objectivos se encontram relacionados entre si, bem como a hierarquia entre objectivos e subobjectivos. É um procedimento que ajuda ao acordo entre o projectista, o cliente e os restantes membros da equipa (Cross, N., 2005).

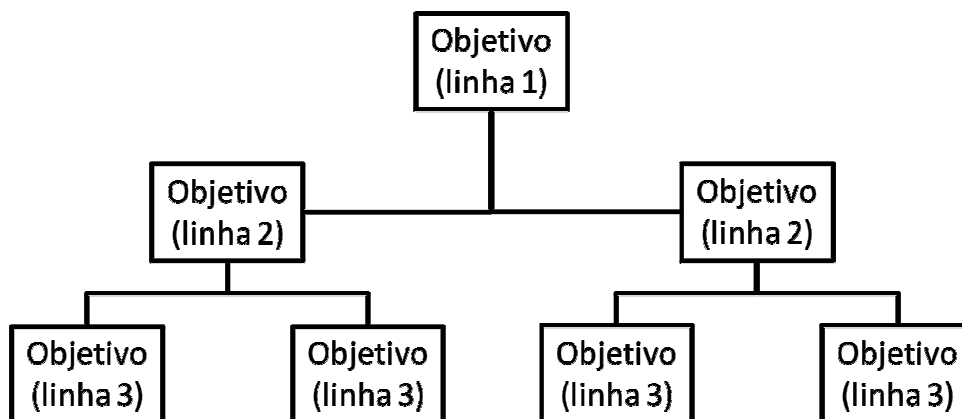


Figura 1 – Exemplo para a construção de uma árvore de objectivos [adaptado de (Comissão Europeia, 2005)]

2.1.4. Estabelecimento de funções e subfunções

Como foi visado com o método de árvore de objectivos, o projeto tem diferentes níveis de detalhe. Obviamente que cada nível de problema definido pelo projectista é crucial, sendo sempre possível mover para níveis superiores ou inferiores num dado problema.

O ponto inicial do método consiste/baseia-se no que se pretende alcançar com o novo desenho e não em como se alcançar. A forma mais simples, e mais básica, é representar uma simples “caixa negra”, que converte as entradas em saídas desejadas. A caixa negra contém todas as funções necessárias para converter as entradas em saídas – ver Figura 2 (Cross, N., 2005).



Figura 2 – A caixa negra do sistema do modelo [adaptado de (Cross, N., 2005)]

É necessário fazer o estudo das funções no início do projeto, e, se necessário, fazer “arranjos” ao longo de todo o projeto. Não se deve limitar de início as funções, para não se restringirem as possíveis soluções. A equipa de projeto pode fazer uma contribuição distinta nesta etapa, perguntando aos clientes e utilizadores por questões fundamentais do produto ou do equipamento, ao questionar as entradas e saídas do produto: de onde vem as entradas e para onde vão as saídas, e, qual a próxima etapa de conversão. Este tipo de questões é conhecido com o alargamento do sistema limite. A fronteira do sistema é o limite concetual, no qual é utilizado para definir a função do produto, do sistema ou do dispositivo a desenvolver. Muitas vezes, esse limite é definido de uma forma muito estreita, promovendo apenas pequenas alterações, em vez de serem efectuadas alterações radicais ao produto (Cross, N., 2007).

É importante tentar garantir que todas as entradas e saídas relevantes se encontram listadas. Geralmente, todas as entradas podem ser agrupadas como fluxos de materiais, de energia ou

de informação. Para substituir a função global num conjunto de subfunções essenciais, a conversão das entradas em saídas é, apesar de tudo, uma tarefa complexa. Não existe um procedimento sistemático que permita resolver esta tarefa, pois depende das subfunções de cada componente e do projetista (Cross, N., 2005).

Ao especificar-se as subfunções, torna-se necessário garantir que são todas indicadas da mesma forma: têm de estar acompanhadas de um nome e de um verbo, por exemplo “caixa de higienização” ou “pinças amarração”. Cada subfunção contém uma entrada e uma saída de sinal, interligadas, e a compatibilidade entre elas tem de ser verificada. O diagrama de blocos consiste na representação de todas as sub-funções que foram, separadamente, identificadas e encerradas em caixas, ligadas entre si por entradas e saídas, de forma a satisfazer a função global do produto ou do dispositivo a ser projectado (Cross, N., 2007).

A “caixa negra” original da função global deverá dar lugar agora a uma “caixa transparente”, em que se mostram as subfunções e as suas ligações – ver a representação simplificada da figura 3. Se as subfunções tiverem sido definidas adequadamente e a um nível adequado de detalhe, será possível identificar então um componente adequado para cada subfunção: a identificação dos componentes dependerá da natureza do produto, do dispositivo ou do sistema que estiver a ser projectado, sendo que, um “componente” poderá ser definido como a pessoa que desempenha uma determinada tarefa, um componente mecânico, ou então um dispositivo electrónico (Cross, N., 2005).

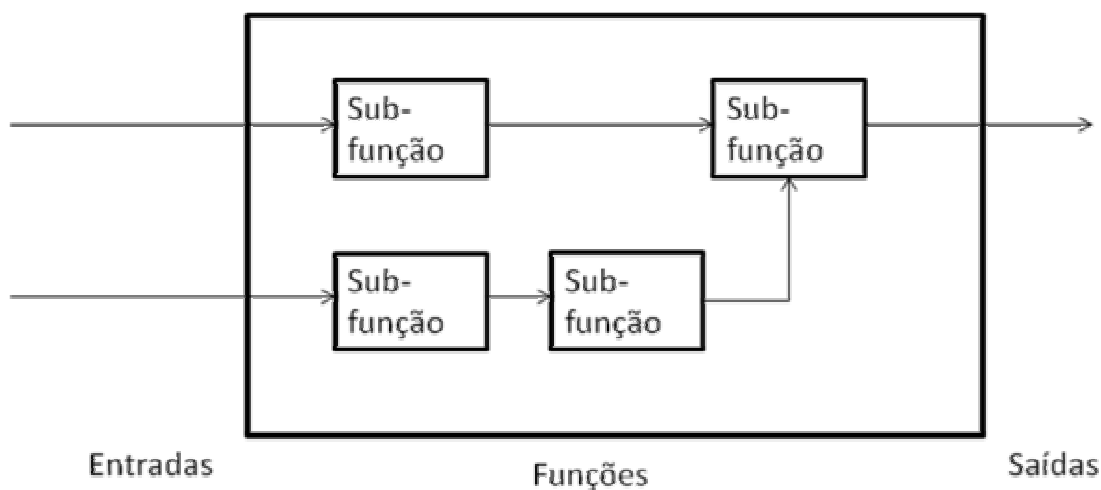












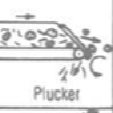


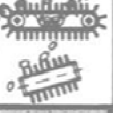
Figura 3 – Modelo de uma caixa transparente [adaptado de (Cross, N., 2005)]

2.1.5. *Análise morfológica*

A análise morfológica pode ser efetuada de diversas formas, construindo-se uma tabela comparativa do género da apresentada na Tabela 3, ou, numa outra variante do método, através do procedimento indicado na Tabela 4.

Na Tabela 4 estão listados todos os conjuntos de subfunções do equipamento ou produto que se pretende desenvolver, juntamente com o conjunto de subsoluções possíveis. Este processo é crucial para a combinação de diversas (e novas) ideias, as quais podem gerar um conjunto de novas soluções não identificadas numa fase anterior do projecto. O mapa estabelecido apresentará todas as soluções teoricamente possíveis para o produto. Esta gama de soluções é obtida combinando-se a selecção de apenas uma subsolução, por linha, para todas as subfunções consideradas (ja&design, 2011), (Cross, N., 2005).






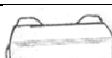
Tabela 3 - Exemplo de uma análise morfológica de um equipamento (Cross, N., 2005)

Solutions		1	2	3	4	5
Sub-functions						
1	Lift	 and pressure roller	 and pressure rollers	 and pressure roller	 Pressure roller	...
2	Sift	 Sifting belt	 Sifting grid	 Sifting drum	 Sifting wheel	...
3	Separate leaves	 Plucker	 Plucker	 Plucker
4	Separate stones			
5	Sort potatoes	by hand	by friction (inclined plane)	checksize (hole gauge)	check mass (weighing)	...
6	Collect	Tipping hopper	Conveyor	Sack-filling device

↓ Combination of principles

Na Tabela 4 encontra-se ilustrada uma outra variante do método. Do lado esquerdo temos os desenhos adoptados para o (novo) produto, soluções em estudo, e do lado direito tem-se um quadro comparativo, onde se analisam as alternativas, sendo escolhida a que reunir o maior número de características favoráveis (neste caso particular foi escolhida a alternativa 3) (ja&design, 2011).

Tabela 4 – Avaliação e selecção de alternativas [adaptado de (ja&design, 2011)]

Alternativas	Seleção																
<div></div> <div>Alternativa 1</div>	<div>Quadro comparativo</div> <table><tr><th></th><th>Alternativa 1</th><th>Alternativa 2</th><th>Alternativa3</th></tr><tr><td>Alças para mãos</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>Alça para ombros</td><td></td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>Abertura parcial</td><td>X</td><td></td><td>X</td></tr></table>		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa3	Alças para mãos		X	X	Alça para ombros		X	X	Abertura parcial	X		X
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa3													
Alças para mãos			X	X													
Alça para ombros			X	X													
Abertura parcial	X		X														
<div></div> <div>Alternativa 2</div>																	
<div></div> <div>Alternativa 3</div>																	

2.2. Asséptico e higiénico

São dois termos interligados entre si mas um pouco ou tanto distintos, ser higienizado não quer dizer estar asséptico, um equipamento pode não ser asséptico mas pode ser higienizado, por exemplo ao se fazer uma fritura de um ovo em casa, pode o sistema estar higienizado, mas só por não ter o ambiente protegido/controlado e desinfectado à volta do ovo, não é um sistema asséptico (EHEDG, 2002).

Ser asséptico é garantir que qualquer equipamento na área alimentar não contamine os produtos elaborados/produzidos. Estar em ambiente controlado, sem contacto com o meio ambiente pode ser conseguido com a aplicação de produtos específicos, por exemplo, gases de proteção, que garantam a preservação da qualidade dos produtos (EHEDG, 2011a).

A higienização é efectuada nas indústrias alimentares, farmacêuticas, bebidas e de lacticínios porque os seus produtos estão expostos normalmente a impurezas nas suas linhas de produção devido a estarem em contato com matérias orgânicas e inorgânicas. A contaminação pode ser prejudicial ao homem quando os produtos industrializados são contaminados por agentes patogénicos. Deste modo, todos os componentes que estão em contacto com os sistemas de produção são fontes de contágio e devem ser limpos, higienizados e posteriormente desinfetados (EHEDG, 2011b).

O CIP (*Cleaning in Place*) é um conceito desenvolvido para a higienização/limpeza das paredes superficiais dos equipamentos, sobretudo em, tanques de armazenamento e tubagens, sem ser preciso proceder a desmontagem dos componentes. O processo CIP consiste na utilização de uma solução química que se faz fluir no interior das tubagens e tanques, promovendo uma acção mecânica, térmica e química de higienização. Um dado importante, é ter em conta o tempo mínimo necessário para que acção de cada um destes agentes de limpeza seja efetiva (Forni, 2007).

2.3. Principais equipamentos de enchimento asséptico existentes no mercado

Existem diversos tipos de equipamentos no mercado mas nenhum com as especificações desejadas pela empresa promotora deste projeto (Decorgel - Produtos Alimentares, S.A.). Foi efetuado o levantamento dos principais tipos de máquinas existentes no mercado, juntamente com a indicação das suas principais especificações.

2.3.1. Máquina de enchimento asséptica da FranRica® – Modelo ABF-1200

A Figura 4 apresenta uma máquina de enchimento asséptica que normalmente é utilizada para o embalamento de produtos como pasta de tomate, vegetais, frutas, purés. Isto é, é particularmente aconselhada para embalar concentrados, molhos, sopas e leite (JBTfoodtech, 2011).

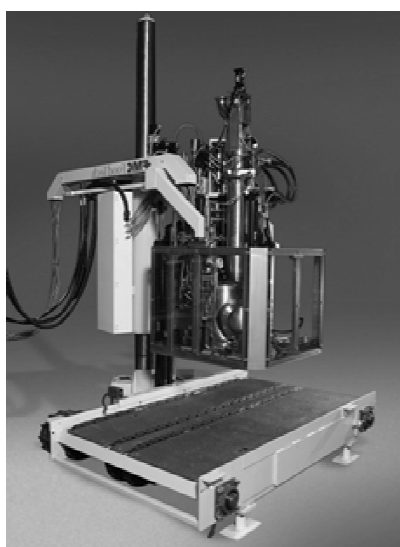


Figura 4 - Máquina de enchimento asséptica – Modelo ABF-1200 FranRica® (JBTfoodtech, 2011)

Algumas características e aspetos positivos do equipamento podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Características e benefícios do equipamento de enchimento asséptico – Modelo ABF-1200 (JBTfoodtech, 2011)

Características	Benefícios
Capacidade comprovada para manter a esterilização até 100 dias	Aumento da produtividade com redução de trabalho e custos
Selagem/fecho hermético com calor	Praticamente elimina a deterioração e adulteração
Diâmetro do tubo da entrada de produto de 3 polegadas	Elevada velocidade de enchimento com produtos viscosos com manipulação suave
Atuação hidráulica	Operações rápidas e repetíveis
Rápida esterilização da área de montagem a vapor antes de cada ciclo de enchimento	Assegura a esterilização eficaz, sem utilizar químicos
Barreiras de vapor sobre toda a área de manipulação do produto	Elimina a dependência de utilizar uma pressão positiva no produto como barreira de contaminação

A Figura 5 apresenta o desenho e as dimensões gerais relativos ao equipamento.

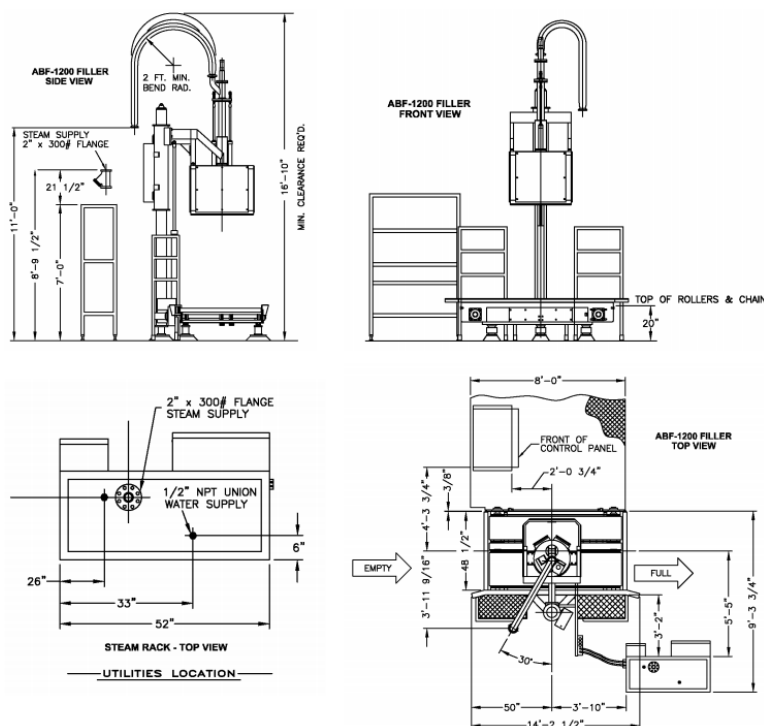


Figura 5 - Desenhos do equipamento de enchimento asséptica – Modelo ABF-1200 (JBTfoodtech, 2011)

2.3.2. Máquina de enchimento para embalar vinho sob pressão - MEP Counter

A Figura 6 apresenta um equipamento de enchimento de vinho sob pressão produzido pela empresa MEP. Este equipamento opera com o seguinte sequência de operação, inicialmente procede-se à ligação do depósito do produto à máquina de enchimento por uma tubagem, de seguida é efetuada a pressurização do tanque do equipamento, e quando se atinge a pressão ideal o enchimento pode começar, para tal colocam-se garrafas cheias de vinho na zona de cada bico e fecha-se o painel de proteção, de seguida as garrafas são automaticamente elevadas a encontro dos bicos, o gás é injetado e as garrafas de vinho ficam sob pressão, sem perda de carbonatos, por fim, as garrafas são removidas e encapsuladas (St.Patrick's of Texas, 2011).

Algumas das especificações do equipamento (St.Patrick's of Texas, 2011):

- Contador de pressão com regulador de CO₂;
- Diâmetro máximo das garrafas de 7" ($\cong 178$ mm), até 6 garrafas de litro;
- Altura máxima das garrafas de 21" ($\cong 533$ mm);

- Pressão máxima ajustável: 90 Psi (\cong 6 bar);
- 2 bicos de enchimento;
- Até 200 garrafas / hora (para garrafas de 750 ml);
- Os componentes eletrônicos (são impermeáveis) numa caixa protegida;
- Unidade de chão com 4 rodas;
- Desliga automaticamente quando as garrafas estão cheias. Cada bico funciona de modo independente;
- Tensão de alimentação: 110 V;
- Precisa de rede de ar comprimido;
- Precisa de rede de CO₂;
- A máquina é toda em aço 304;
- Dimensões do equipamento: 28" (\cong 711 mm) x 30" (\cong 762 mm) x 86" (\cong 2184 mm), comprimento, largura e altura).



Figura 6 – Máquina de enchimento sob pressão para enchimento de vinho – MEP Counter (St.Patrick's of Texas, 2011)

2.3.3. Máquina de enchimento semi-automática com sistema telescópico de enchimento

A Figura 7 apresenta uma máquina de enchimento semi-automática com sistema telescópico de enchimento. Estas máquinas podem ser utilizadas para embalar uma grande variedade de produtos, tais como pó, comprimidos, especiarias, grãos, legumes, sal, açúcar e chá. Além disso, estas máquinas são energeticamente muito eficientes e podem ser facilmente operadas por pessoas sem prática de utilização (Khodiyar Industries, 2011).



Figura 7 - Máquina de enchimento semi-automática com sistema telescópico de enchimento (Khodiyar Industries, 2011)

Esta máquina alia a um *design* simples e compacto, um consumo eléctrico baixo, fácil operação e manutenção simples. Na Tabela 6 são listadas algumas especificações deste tipo de máquinas

Tabela 6 – Especificação técnica (Khodiyar Industries, 2011)

Capacidade de enchimento	0.5 g até 1000 g (diferentes tipos de equipamentos)
Cadência de produção	6 até 25 enchimentos por minuto
Tipos de embalagens	Sacos, jarras e garrafas

2.3.4. Máquina de enchimento e selagem para sacos plásticos com bico – MR1-400

A Figura 8 ilustra a máquina de enchimento e selagem para sacos plásticos com bico pré-formado (Figura 9), e é utilizada apenas para o enchimento de sacos de pequenas dimensões como é indicado na Tabela 7 (Echo Inc., 2011).

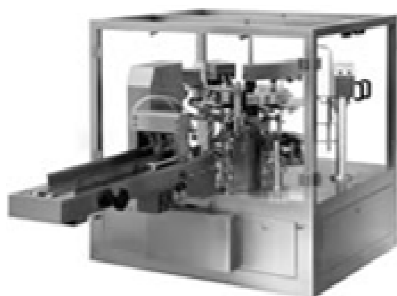


Figura 8 - Máquina de enchimento para sacos com bico (Echo Inc., 2011)

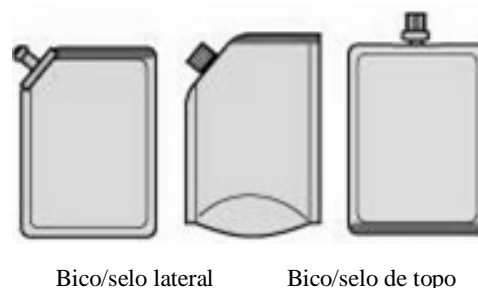


Figura 9 - Diferentes tipos de sacos plásticos (Echo Inc., 2011)

Aplicações (Echo Inc., 2011)

A máquina de enchimento e selagem para sacos plásticos com bico é ideal para líquidos, como vinho de arroz, molho de soja, vinagre de arroz, suco de fruta, bebidas, detergente, etc. E também pode ser utilizada para embalar produtos mais espessos, tais como: molho de tomate, manteiga de amendoim, geleias, pimenta, pasta de feijão, etc.

Caraterísticas (Echo Inc., 2011)

Dada a forma e os materiais utilizados no equipamento, a limpeza das suas superfícies pode ser realizada com facilidade utilizando apenas água, no entanto é recomendável efetuar a sua limpeza utilizando um material de limpeza apropriado (algo corrosivo), de modo a aumentar o grau de higienização e consequentemente, a segurança alimentar e prolongar a vida útil do equipamento, nomeadamente, dos componentes críticos que efetuam a selagem dos bicos dos sacos de plástico.

Tabela 7 - Especificações do equipamento de enchimento de sacos com bico (Echo Inc., 2011)

Tipo de saco	Todos os tipos de sacos plásticos com bico pré-formados e selagem
Tamanho do saco	Largura: 80-320 mm Comprimento: 100-380 mm
Gama de enchimento	5 – 1500 g
Cadência de produção	15-45 sacos / 7min (dependendo do produto e peso de enchimento)
Erro de peso embalado	$\leq \pm 1\%$
Potência máxima	3,5 kW
Consumo de ar comprimido	$\geq 0,4 \text{ m}^3/\text{min}$

2.3.5. Conclusões da pesquisa de mercado de equipamentos assépticos

Além da pesquisa bibliográfica apresentada anteriormente foram efetuadas visitas a diversas empresas em Portugal que têm equipamentos de enchimento assépticos e nenhum deles satisfaziam os requisitos e especificações do projeto QREN, nomeadamente em termos de funcionalidade, versatilidade, gama de pesos de enchimento, custo máximo do equipamento, entre outros. Deste modo, tornou-se necessário o projeto e desenvolvimento de um novo equipamento de enchimento asséptico mais adequado às nossas necessidades. Os capítulos seguintes 3 e 4 apresentam, respetivamente, as soluções concetuais e o desenvolvimento da solução final.

3. Soluções conceituais

Capítulo removido por questões de confidencialidade

3.1. Requisitos e especificações

3.1.1. Funções e subfunções do equipamento

3.2. Primeiros conceitos

3.2.1. Primeiros estudos e esboços conceituais

3.3. Análise das soluções alternativas

4. Desenvolvimento da solução final

Capítulo removido por questões de confidencialidade

4.1. Projeto de detalhe e refinamento das soluções

4.1.1. Princípio básico de funcionamento do equipamento

4.2. Automação

4.2.1. Projeto do sistema principal de atuação pneumática do equipamento

4.2.2. Projeto das funções auxiliares do equipamento

5. Processo de construção do equipamento

Capítulo removido por questões de confidencialidade

5.1. Equipamento final obtido

6. Conclusões e trabalhos futuros

Neste capítulo apresentam-se de uma forma sumária as principais conclusões que puderam ser apontadas, referentes ao estudo, concepção, projecto, desenvolvimento e fabrico do equipamento automático de enchimento asséptico que foi descrito ao longo deste relatório. De forma complementar, também são apresentadas neste capítulo, as sugestões para trabalhos futuros, no sentido de se indicarem linhas de trabalho e de desenvolvimento que poderão dar novas mais-valias e funcionalidades ao equipamento.

6.1 Conclusões

- A partir das exigências iniciais e dos requisitos exigidos foi estudado e idealizado um processo de enchimento, sendo concebido e desenvolvido um equipamento que permite o enchimento automático de creme de pasteleiro.
- O equipamento final permite um manuseamento fácil e de simples operações, flexível e modular o qual é capaz de satisfazer, em ambiente industrial, uma determinada cadência de enchimento, ao mesmo tempo que permite uma operação asséptica, ou seja, um enchimento de embalagens protegido do meio ambiente (em câmara fechada e protegido com vapor de água, ou outro gás inerte), garantindo-se assim uma não contaminação por microrganismos indesejáveis.
- Do conjunto de tarefas realizadas resultou um modelo virtual 3D detalhado com todos os componentes necessários, relativo ao desenvolvimento de um equipamento de suporte e de movimentação de todo o conjunto de enchimento, e ao desenvolvimento de uma cabeça de enchimento propriamente dita concebida especificamente para este efeito. Há ainda a considerar a elaboração de uma lista de peças e de um conjunto alargado de desenhos técnicos, com o detalhe de cada um dos componentes ou peças do equipamento de enchimento.
- Foi desenvolvido um projeto de automatização do equipamento, com a selecção de sensores, atuadores, controlador e interface homem-máquina, bem como a especificação do comando em SFC do modo de enchimento (com a realização da sequência de operações/movimentos necessários ao correcto funcionamento da máquina). Finalizado o projeto de automatização, ficou concluída a Tarefa 5 do projeto QREN – *HealthyCream* (ver Tabela 1).
- Após a conclusão do trabalho de desenvolvimento do equipamento, com a elaboração de todos os desenhos técnicos de fabrico e seleção de todos os componentes *off-the-self* necessários, foi construído na empresa Valinox, com o acompanhamento da equipa de professores e investigadores do DEM, um protótipo do equipamento automatizado para enchimento asséptico de pasteleiro de creme, incorporando todas as suas principais subfunções, com o posicionamento e a fixação do saco, a remoção da tampa do saco, o enchimento do saco através de uma cabeça asséptica, a colocação da tampa do saco e remoção do mesmo. Com a finalização da construção do protótipo, ficou terminada a Tarefa 7 do projeto QREN – *HealthyCream* (ver ainda a Tabela 1).

- Os testes preliminares entretanto realizados na empresa Valinox, com o equipamento/protótipo, promovendo a movimentação de todos os seus atuadores pneumáticos e que realizam, de forma automática, as principais subfunções do equipamento, funcionaram de acordo como o que estava previsto, o que leva a concluir que o equipamento deverá funcionar de acordo com os requisitos exigidos para este tipo de equipamentos.

6.2 Trabalhos futuros

Neste equipamento

- Efetuar o teste operativo em meio laboratorial e depois em ambiente industrial do protótipo, que corresponde à Tarefa 8 do projeto QREN – *HealthyCream* (ver Tabela 1), que é a derradeira tarefa deste projeto com a participação efetiva da equipa de professores e investigadores do DEM.
- Redigir um manual de utilização de funcionamento do equipamento, com listagem dos componentes e respetiva montagem e dos (possíveis) problemas de funcionamento que este poderá vir a ter e forma de resolução.

Em futuros equipamentos

- Estudar a possibilidade de substituir ou complementar a esterilização realizada com vapor de água por peróxido de hidrogénio nas partes críticas do equipamento, que são as que têm superfícies expostas ao exterior, e que têm contato com zonas onde se efetua o enchimento do saco, nomeadamente, a câmara de enchimento e a caixa de higienização. Para tal, será necessário introduzir injetores em número suficiente nos locais críticos do equipamento para permitir a desinfecção e esterilização eficaz. As principais vantagens da utilização do peróxido de hidrogénio versus vapor de água são: temperatura de operação muito mais reduzida, desinfecção mais rápida, tendo ainda a vantagem de não necessitar de estar pressurizado para atuar eficazmente.
- Redimensionar várias estruturas de suporte e fixação dos atuadores pneumáticos.
- Melhorar a estanquicidade da caixa de higienização.
- Conceber, projetar e desenvolver um sistema automático complementar ao equipamento para permitir o enchimento de sacos de forma contínua, e deste modo, ter-se uma linha de enchimento automática e não semi-automática (saco a saco) como acontece neste equipamento desenvolvido.

7 Referências

De seguida estão listadas as referências consultadas e citadas ao longo desta tese de dissertação, divididas em dois grandes grupos para uma mais fácil identificação, nomeadamente, referências bibliográficas e referências retiradas da internet (Webgrafia).

7.1 Bibliografia

Baxter, M. (1998). *Projeto do produto guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil.

Bomfim, G. A. (1994). Sobre a Possibilidade de uma Teoria do Design. In Anais do P&D. Design, Vol. 2, No. 2, Rio de Janeiro, Brasil.

Bonspire, G. (1978). *Teoría y Práctica del Diseño Industrial: elementos para una manualística crítica - Colección Comunicación Visual*. Gustavo Gilli, Barcelona.

Cross, N. (2005). *Engineering Design Methods*, Ed. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.

Cross, N. (2007). *Forty Years of Design Research*, In: *Design Research Quarterly*, Vol. 1, No. 2, pp. 3-5.

Cunha, V. L. (2004). *Desenho Técnico*. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal.

David Kemmish. (2010). *Update on the Technology and Applications of PolyArylEtherKetones*, ISBN 978-1-84735-408-2.

David Parker, Jan Bussink, Hendrik T. van de Grampe, Gary W. Wheatley, Ernst-Ulrich Dorf, Edgar Ostlinning, Klaus Reinking. (2002). "Polymers, High-Temperature" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim.

EHEDG. (2002). *Challenge tests for the evaluation of hygienic characteristics of packing machines for liquid and semi-liquid products*. Trends in Food Science & Technology. 2002.

EN418. (1992). *Safety of machinery. Emergency stop equipment, functional aspects. Principles for design*. European Standard.

EN60204-1. (1997). *Safety of Machinery - Electrical Equipment of Machines - Part 1: General Requirements-IEC 60204-1*. European Standard.

Forni, R. (2007). *Projeto Mecânico de um Sistema de Higienização CIP (Cleaning in Place)*, *Proceedings of the 19th International Congress of Mechanical Engineering*, 5-9 Novembro 2007, Brasília, Brasil.

INCM. (1991). *Diário da República. I Série-B nº291, 18 de Dezembro de 1991, pp.6683, Imprensa Nacional Casa da Moeda*.

Koch, H.-R. (2009). *Designed for cleanability: Hygienic design enclosure meets the high demands of the food industry*. Trends in Food Science & Technology.

Matsson, J. (2008). *An Introduction to COSMOSFloWorks 2008*. Kansas, USA.: SDC Publications.

Norton, R. L. (1999). *Design of Machinery an Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanism and Machines*. 2nd ed. Massachusetts, McGraw-Hill. ISBN 0-07-048395-7.

Osborn, A. (1963). *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving*, 3rd Ed.

- Osborn, A. (1957). *Applied imagination: Principles and procedures of creative thinking*, 2nd ed.. Charles Scribner's Son, New York.
- Planchard, D. C. & Planchard, P. M. (2008). *A Commands Guide For Solidworks 2008*, Clifton Park : Thomson/Delmar Learning, NY, USA.
- Shigley, Joseph E. e Mischke, Charles R. (1996). *Standard Handbook of Machine Design*. 2ª Edição. Nova York: McGraw-Hill.
- Siemens. (2010). *SITRANS F M electromagnetic flowmeters offer accuracy, innovation and millions of product options for a fully integrated solution*, Catalogue order No.: E20001-A450-P710-V2-7600, Flow Instruments, Siemens A/S, Nordborg, Denmark.
- Silva, A., Ribeiro T. C., Dias J., Sousa, S. (2011). *Desenho Técnico Moderno*. Edições Lidel, Lisboa, Portugal.
- Vicente, A. & Teixeira, J. (2008). *Texto da candidatura do projeto QREN nº5345: HealthyCream – Desenvolvimento de soluções dietéticas inovadoras para a indústria de pastelaria*, Programa SI I&DT da Agência de Inovação.

7.2 Webgrafia

- Alfalaval. (2011). *Alfa Laval Installation Material, ESE00301EN 1201*. Obtido em fevereiro de 2011, de <http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/hygienic-tubesandfittings/Documents/PD%20Sheet%20%E2%80%93%20Alfa%20Laval%20Installation%20Material%20-%20EN.pdf>
- Comissão Europeia. (20 de Setembro de 2005). *Diagrama de objectivos e diagrama de impactos*. Obtido em janeiro de 2011, de Comissão Europeia: http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_obj_def_pt.htm
- DECORGEL. (2011). *Apresentação da empresa*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.decorgel.pt/index.php?m=1>
- Echo Inc. (2011). *Big Bag Filling Sealing Machine*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.echomachinery.com:> <http://www.echomachinery.com/pouch-type-of-rotary-packing-machine/589392.html>
- EHEDG. (2011a). *Welcome to EHEDG*. Obtido em fevereiro de 2011a, de European Hygienic Engineering & Design Group: <http://www.ehedg.org/uploads/glossary.pdf>
- EHEDG. (2011b). *Welcome to EHEDG*. Obtido em janeiro de 2011b, de European Hygienic Engineering & Design Group: <http://www.ehedg.org/index.php?nr=112&lang=en>.
- Famic Technologies Inc. (2004). *Automation Studio 5.0*. Obtido em fevereiro de 2011, de Automation Studio: <http://www.automationstudio.com>.
- Festo. (2011). *Bem-vindo à Festo Portugal*. Obtido em janeiro de 2011, de Festo Portugal: http://www.festo.com/pnf/pt_pt/products/catalog
- INFERÊNCIA, p. e. (2011). *Sistema de Incentivos QREN a Empresas (QREN/POFC - Factores de Competitividade)*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.inferencia-pme.com.pt/candidaturasqren.htm?gclid=CPDgnoDNz6wCFcEmtAodGmJMGQja&design>.
- ja&design. (2011). *JA&DESIGN Projetos*. Obtido em fevereiro de 2011, de <http://www.jaesign.com.br/metodologiadoprojeto.pdf>
- JBTfoodtech. (2011). *FranRica® Aseptic Bag Filler - Model ABF-1200*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://jbtfoodtech.com/en/solutions/equipment/aseptic->

fillers/~media/JBT%20FoodTech/Files/Brochures%20Canning/Aseptic/ABF-1200%20pdf.ashx

Khodiyar Industries. (2011). *Filling Machine*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.indiamart.com/khodiyar-industries-amraiwadi/filling-machine.html>

Siemens. (2011). *Entry page*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.siemens.com/entry/pt/pt/>

St.Patrick's of Texas. (2011). *Winery Equipment*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.stpats.com/index.htm>

VALINOX. (2011). *Apresentação da empresa*. Obtido em janeiro de 2011, de <http://www.valinox.pt/ambiente.html>

ANEXO I – Desenhos técnicos do equipamento construído

Anexo removido por questões de confidencialidade